

# Геосферы планеты Земля и проблемы устойчивого развития

Атмосфера

Гидросфера

Литосфера

Биосфера

The background features several sets of concentric circles in a lighter shade of blue, resembling ripples in water, scattered across the lower half of the slide.

Кузнецов Владимир Алексеевич,  
профессор кафедры ЮНЕСКО  
«Зеленая химия для устойчивого  
развития»

## Основная литература

Н.П. Тарасова., В.А. Кузнецов . Химия окружающей среды.  
Атмосфера.

Н.П. Тарасова., В.А. Кузнецов и др. Задачи и вопросы по химии  
окружающей среды.



# ЦЕЛИ

в области



УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ

**1** ЛИКВИДАЦИЯ  
НИЩЕТЫ



**2** ЛИКВИДАЦИЯ  
ГОЛОДА



**3** ХОРОШЕЕ ЗДОРОВЬЕ  
И БЛАГОПОЛУЧИЕ



**4** КАЧЕСТВЕННОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ



**5** ГЕНДЕРНОЕ  
РАВЕНСТВО



**6** ЧИСТАЯ ВОДА  
И САНИТАРИЯ



**7** НЕДОРОГОСТОЯЩАЯ  
И ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ



**8** ДОСТОЙНАЯ РАБОТА  
И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
РОСТ



**9** ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ,  
ИННОВАЦИИ И  
ИНФРАСТРУКТУРА



**10** УМЕНЬШЕНИЕ  
НЕРАВЕНСТВА



**11** УСТОЙЧИВЫЕ  
ГОРОДА И  
НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ



**12** ОТВЕТСТВЕННОЕ  
ПОТРЕБЛЕНИЕ  
И ПРОИЗВОДСТВО



**13** БОРЬБА  
С ИЗМЕНЕНИЕМ  
КЛИМАТА



**14** СОХРАНЕНИЕ  
МОРСКИХ  
ЭКОСИСТЕМ



**15** СОХРАНЕНИЕ  
ЭКОСИСТЕМ  
СУШИ



**16** МИР, ПРАВОСУДИЕ  
И ЭФФЕКТИВНЫЕ  
ИНСТИТУТЫ



**17** ПАРТНЕРСТВО  
В ИНТЕРЕСАХ  
УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ



ЦЕЛИ  
в области  
УСТОЙЧИВОГО  
РАЗВИТИЯ

**Атмосфера.**

**Строение.**

**Состав.**

**Физико-химические  
процессы в атмосфере.**



*Межфакультетский учебный курс*

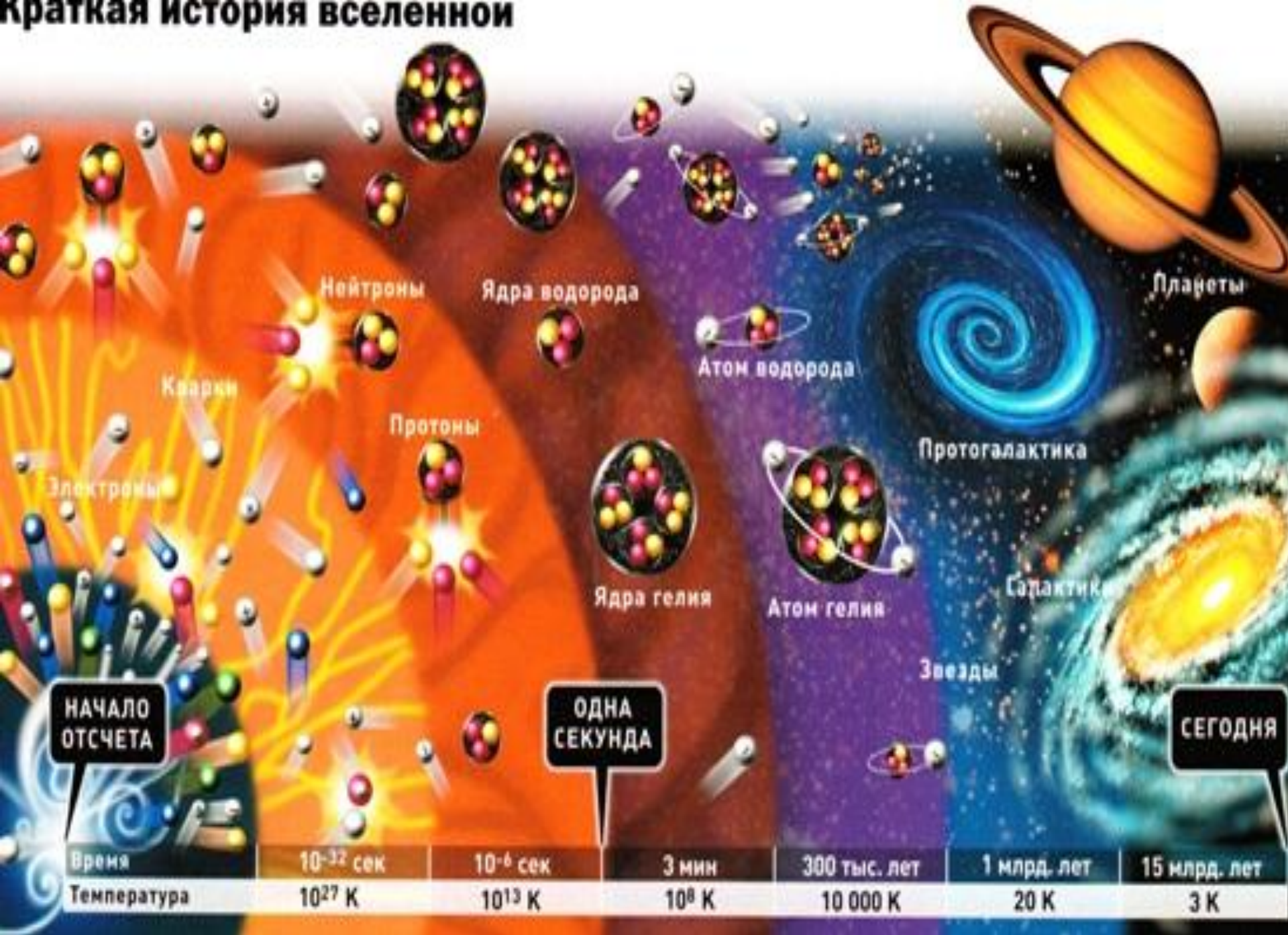
# *Общая астрономия*

*доцент, к.ф.-м.н. Владимир Георгиевич Сурдин*



Лекция 2 - Состав Вселенной

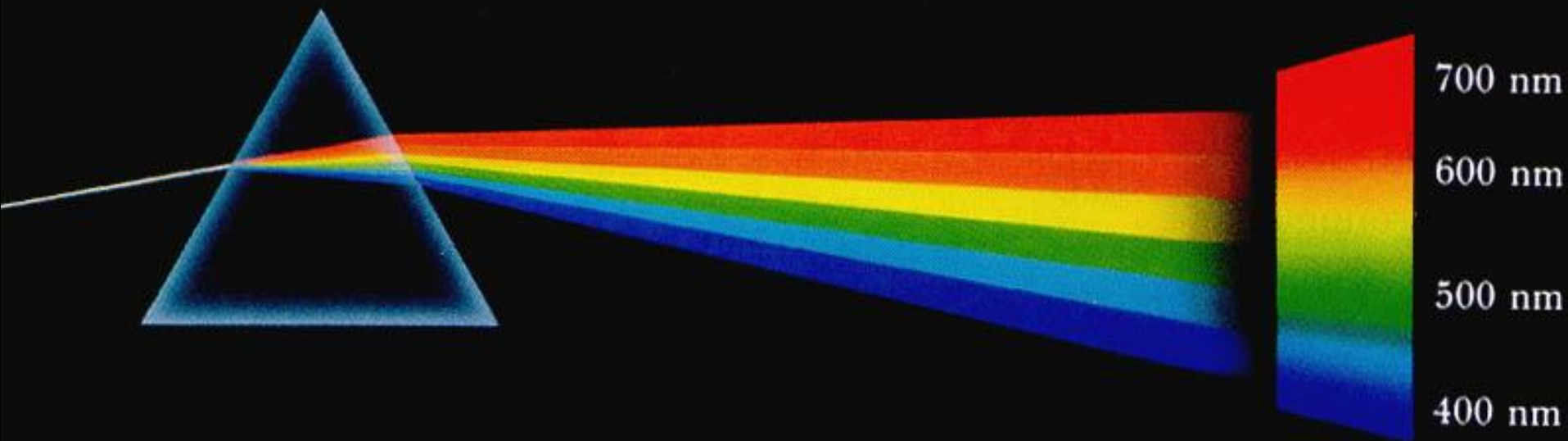
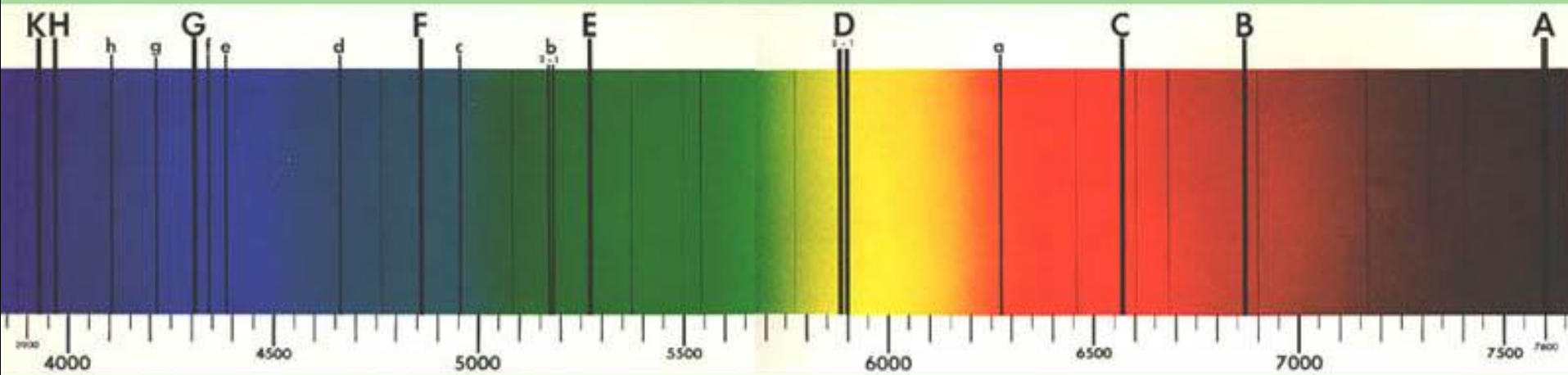
# Краткая история вселенной



# What The Universe Is Made Of



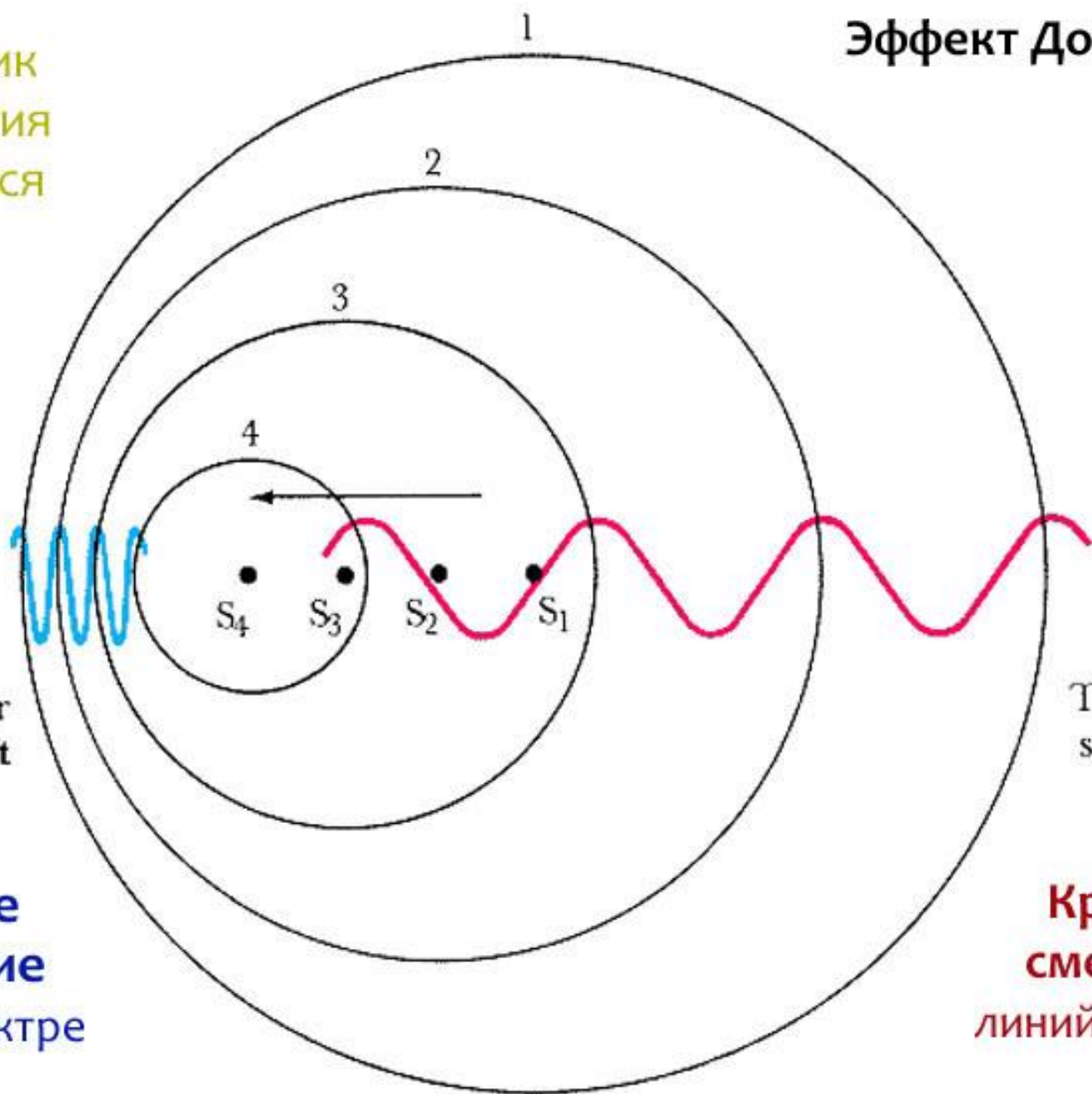
# Оптический спектр типичной звезды





# Эффект Доплера

Источник излучения движется



This observer sees **blueshift**

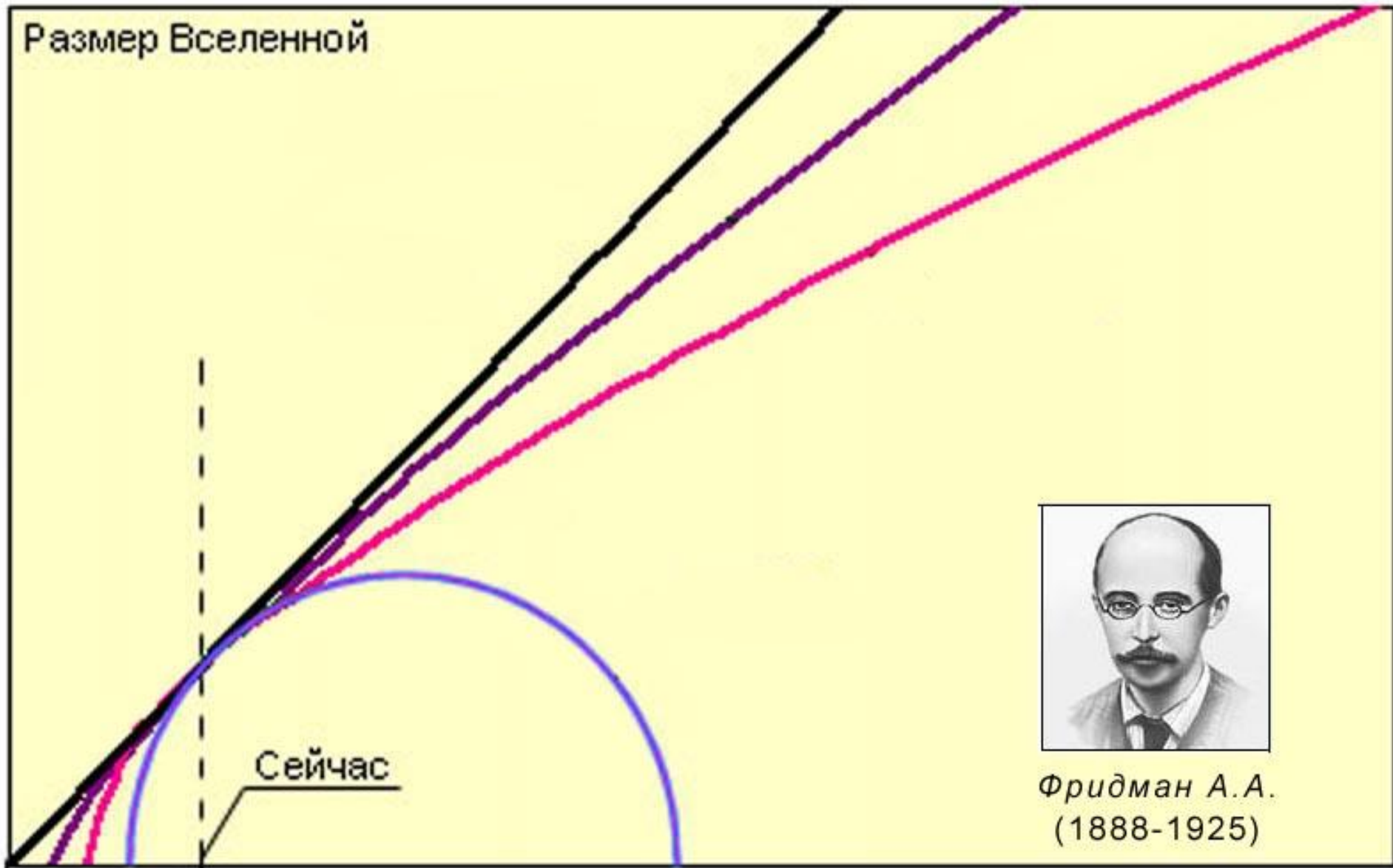


This observer sees **redshift**

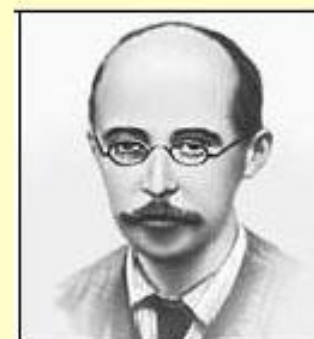
**Голубое смещение**  
линий в спектре

**Красное смещение**  
линий в спектре

Размер Вселенной



Сейчас



Фридман А.А.  
(1888-1925)

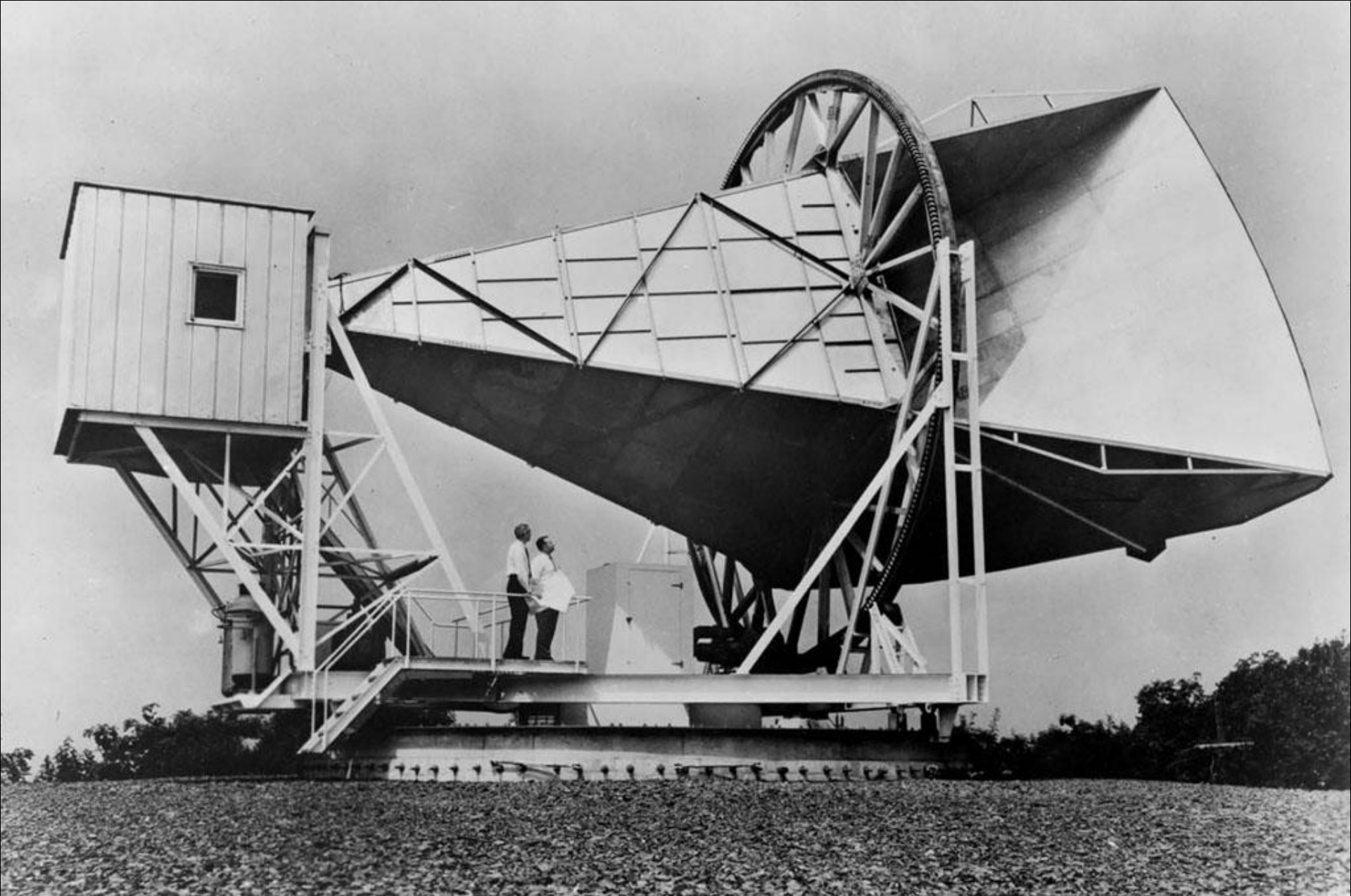
$1/H$

Время

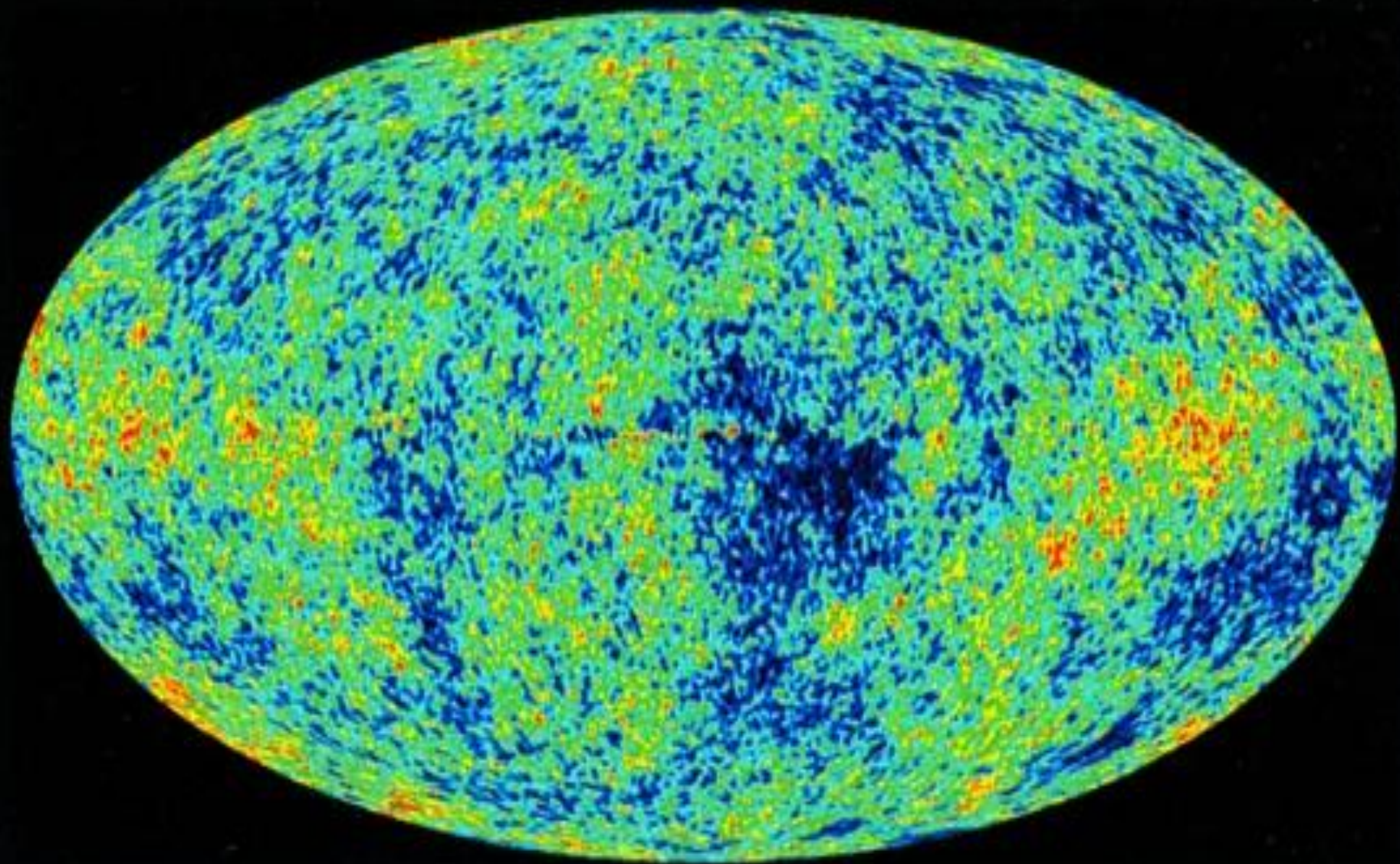
*Изменение масштабного фактора со временем*

# Реликтовое излучение

Первое подтверждение факта взрыва пришло в 1964 году, когда американские радиоастрономы Р. Вильсон и А. Пензиас обнаружили реликтовое электромагнитное излучение с температурой около  $3^\circ$  по шкале Кельвина ( $-270^\circ\text{C}$ ). Именно это открытие, неожиданное для ученых, убедило их в том, что Большой взрыв действительно имел место и поначалу Вселенная была очень горячей.



Рупорная антенна, с которой в 1965 г. было открыто реликтовое излучение Bell Labs, Holmdel, New Jersey. Арно Пензиас и Роберт Вилсон (Ноб.премия 1978)



- 13,7 млрд лет назад – Большой взрыв
- Через 400 000 лет – атомы (водород, гелий, литий)
- Через 1 млрд лет – звезды первого поколения, галактики
- Через 3 млрд лет – звезды второго поколения
- Около 4,6 млрд лет назад – наша Солнечная система

# Вопросы к теории

**Что было до Большого взрыва?**

**Что привело к начальному нагреву**

**Вселенной до невообразимой  
температуры более  $10^{13}$  К?**

# Теория Большого взрыва

- 3. Химический состав Вселенной:  $\frac{3}{4}$  водорода,  $\frac{1}{4}$  гелия и 1% другие элементы ( по спектрам звезд и межзвездного газа). Тяжелые элементы образовались внутри звезд. И при их взрыве попадают в межзвездное пространство. Преобладание водорода позволило предсказать реликтовое излучение.



# Атмосфера

В переводе с греческого

ατμός — «пар»

σφαῖρα — «сфера»

Газовая оболочка небесного тела, удерживаемая  
около него гравитацией.

Атмосферой принято считать область вокруг  
небесного тела, в  
которой газовая среда вращается вместе с ним  
как единое целое

## Состав атмосферы вблизи земной поверхности

Концентрация квазипостоянных компонентов, % об.		Концентрация “активных” примесей, % об.	
N <sub>2</sub>	<b>78,11 ± 0,004</b>	H <sub>2</sub> O	0 – 7
O <sub>2</sub>	<b>20,95 ± 0,001</b>	CO <sub>2</sub>	0,01 – 0,1 (среднее 0,04)
Ar	<b>0,934 ± 0,001</b>		
Ne	$(18,18 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$	Общее количество O <sub>3</sub>	0 – 10 <sup>-4</sup> (среднее 3 · 10 <sup>-5</sup> )
He	$(5,24 \pm 0,04) \cdot 10^{-4}$		
Kr	$(1,14 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	SO <sub>2</sub>	0 – 10 <sup>-4</sup>
Xe	$(0,087 \pm 0,01) \cdot 10^{-4}$	CH <sub>4</sub>	1,6 · 10 <sup>-4</sup>
H <sub>2</sub>	0,5 · 10 <sup>-4</sup>	NO <sub>2</sub>	2 · 10 <sup>-6</sup>

# Способы выражения концентрации примесей в воздухе

Объемная доля –  $a$

$$a = v / V,$$

где  $v$  – объем примеси,  $V$  – объем газа, в котором она находится.

$$\% \text{ об.} = a * 100$$

$$\text{ppm} = \text{млн}^{-1} = a * 10^6$$

$$\text{ppb} = \text{млрд}^{-1} = a * 10^9$$

# Количество молекул в каждом кубическом сантиметре воздуха

$$N_0 \text{ (Молекул /см}^3\text{)} = N \text{ см}^{-3}$$

При нормальных условиях

( $T_0 = 273^\circ\text{К}$ ,  $P_0 = 1 \text{ атм.} = 101,3 \text{ кПа} = 760 \text{ мм.рт. ст.}$ )

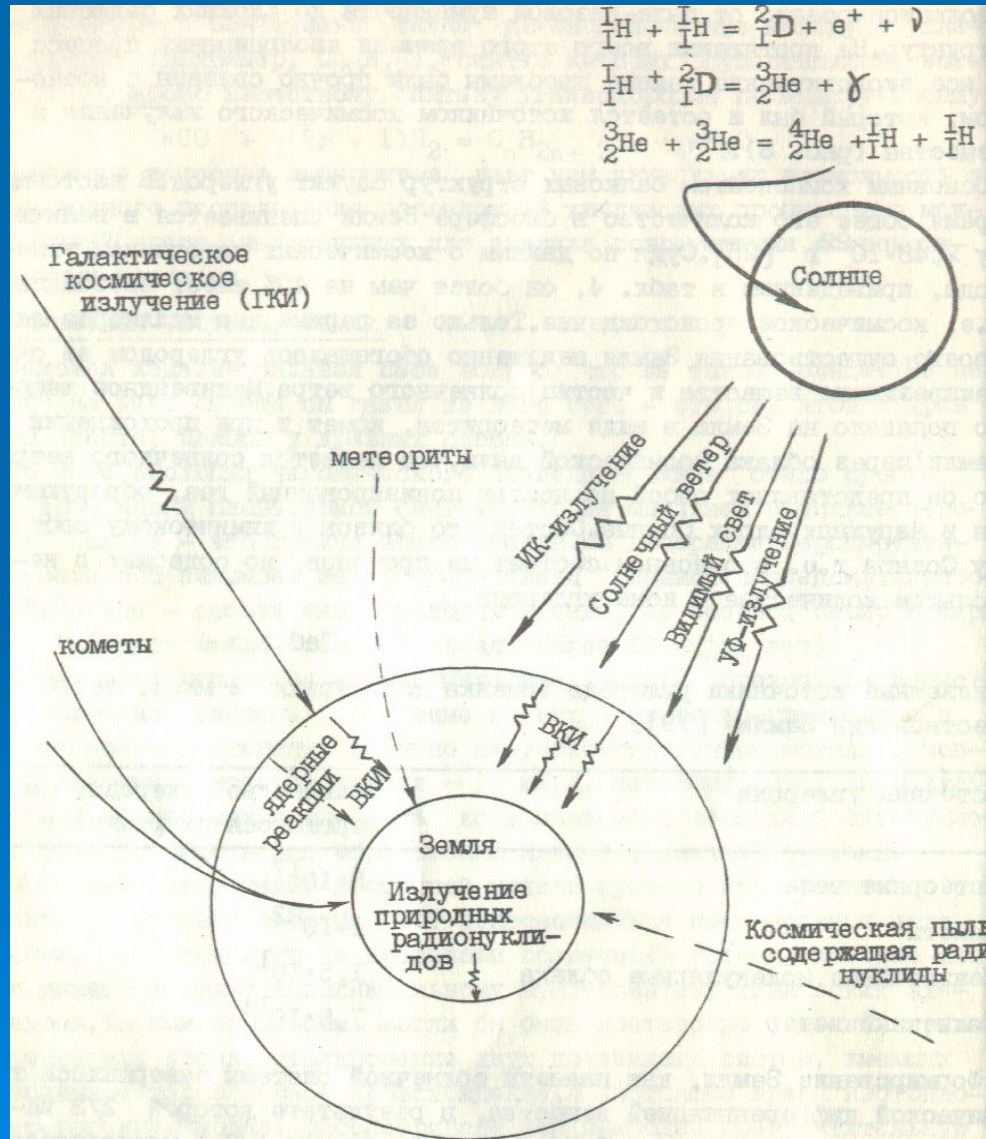
$$N_0 = 6,02 * 10^{23} / 22,4 * 10^3 = 2,69 * 10^{19} \text{ см}^{-3}$$

При других условиях

$$N_i = N_0 * T_0 * P_i / T_i * P_0$$

$$n_{ji} = N_i * a_j$$

# Земля и ее космические связи



# ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

*На первом этапе фотохимической реакции поглощение фотона приводит к возбуждению молекулы:*



*где  $A^*$  - молекула в возбужденном состоянии.*

*Следующий этап фотохимической реакции может протекать по одному из пяти возможных направлений.*

*Молекула возвращается в первоначальное состояние в результате процесса флюоресценции:*



*Молекула диссоциирует:*



*Молекула вступает в химическую реакцию:*



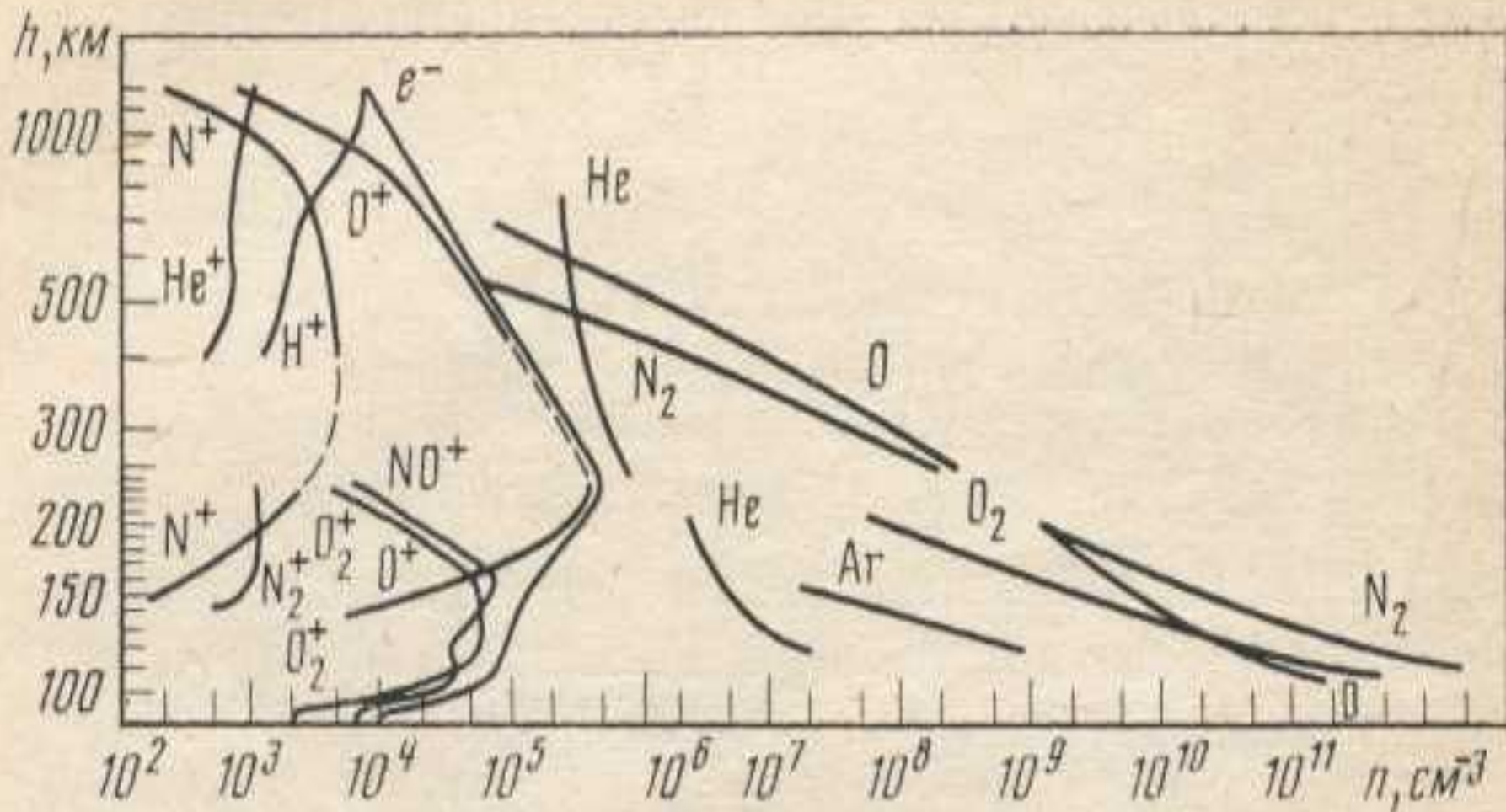
*Молекула отдает избыточную энергию в результате столкновения и дезактивации:*



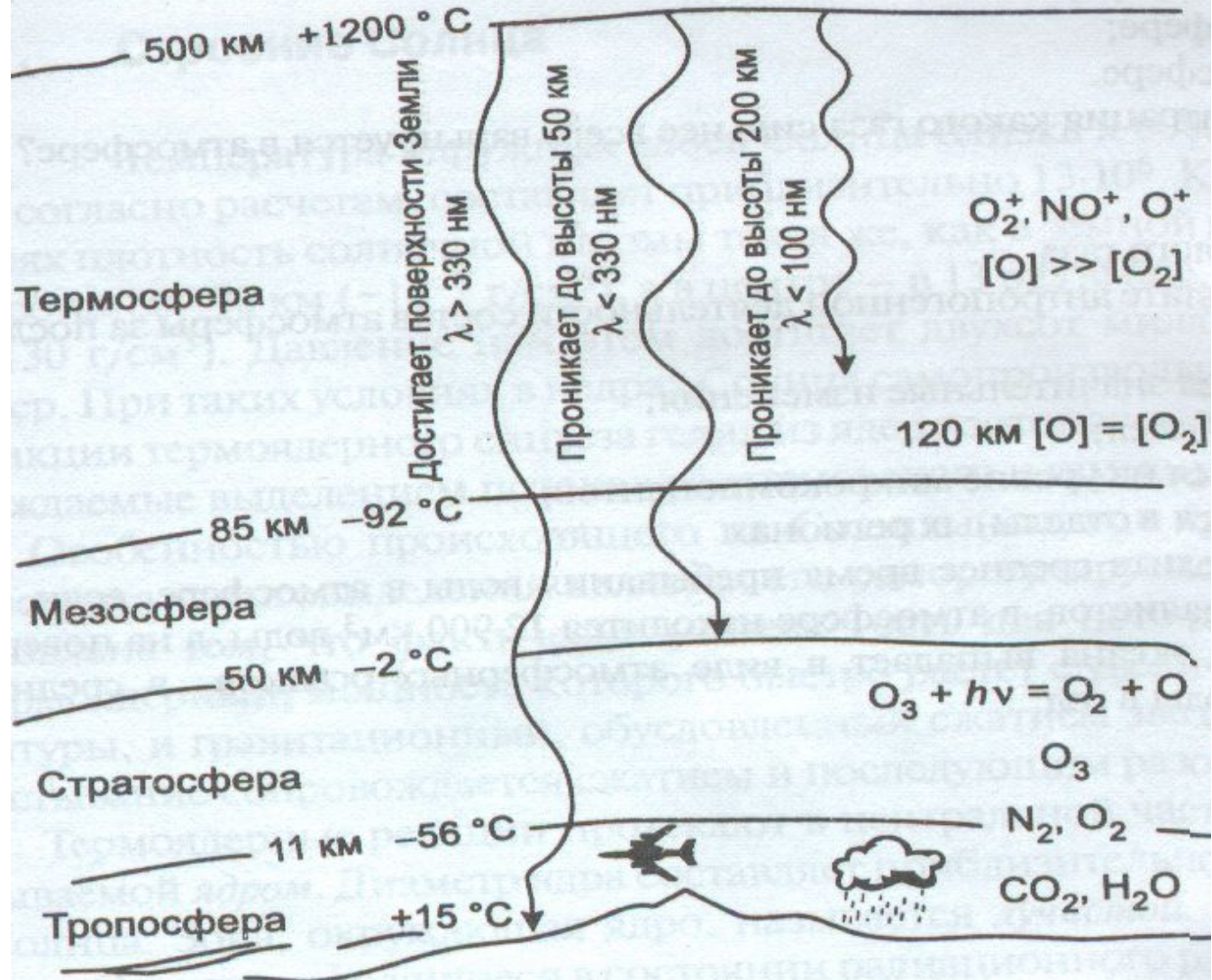
*Молекула подвергается ионизации:*



# Изменение концентрации ионов в ионосфере Земли



# Солнечное излучение



Строение атмосферы



## Характеристика основных зон, выделяемых в атмосфере

Зона атмосферы	Температура, °С		Температурный градиент, °С/км	Нижняя и верхняя граница от уровня моря, км
	нижняя граница зоны	верхняя граница зоны		
Тропосфера	15	-56	-6,45	0-11
Стратосфера	-56	-2	+1,38	11-50
Мезосфера	-2	-92	-2,56	50-85
Термосфера	-92	1200	+3,11	85-500

□ Содержание озона в атмосфере в начале прошлого века начали измерять в специальных "единицах Добсона" (ед, DU).

□

□ еД - толщине слоя озона, собранного из всей атмосферы над наблюдателем.

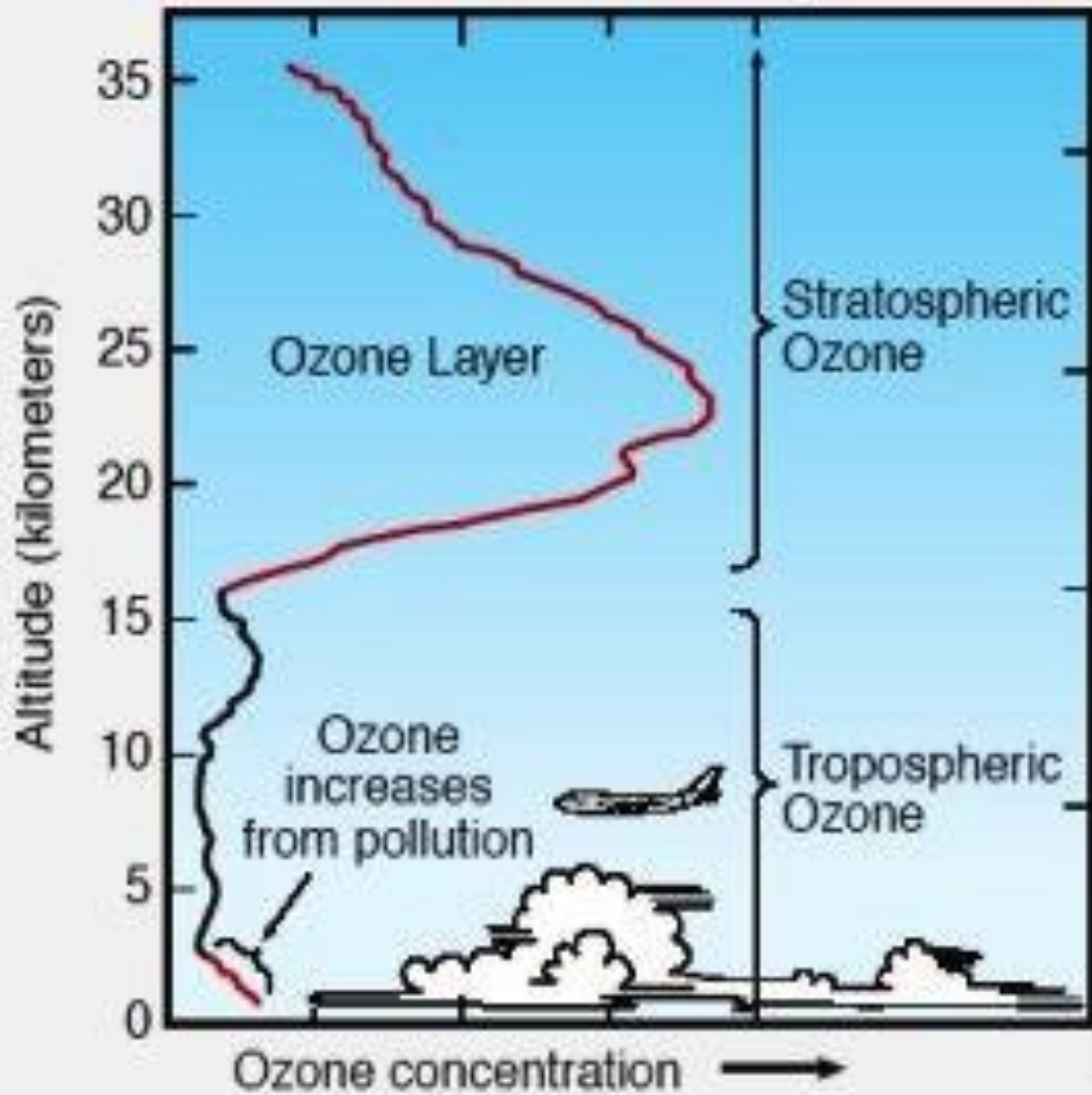
$$\square 1 \text{ еД} = 10^{-5} \text{ м.}$$

□

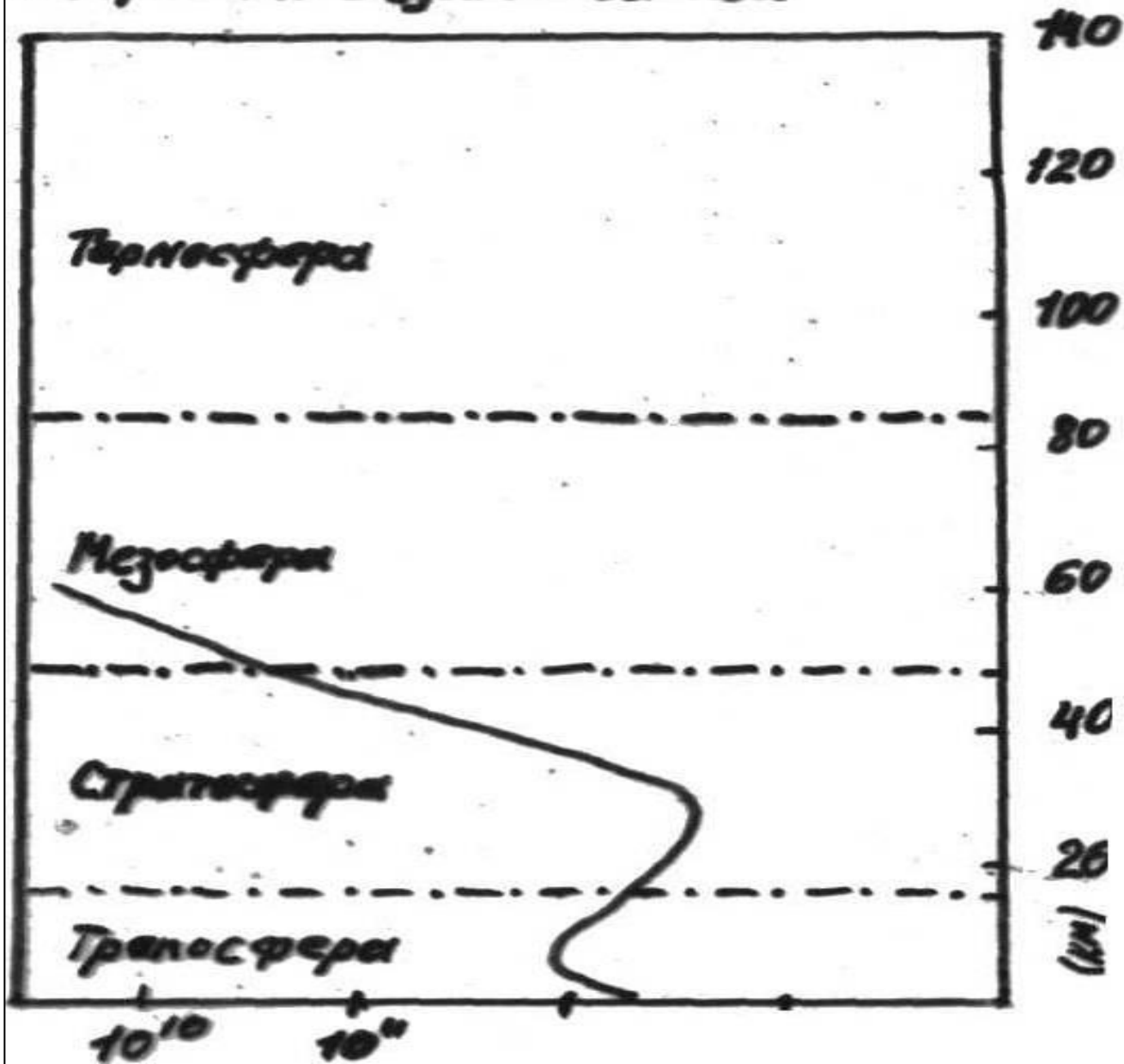
Среднее количество озона в атмосфере составляет 300 ЕД., что соответствует толщине слоя - 3 мм.

- Основная масса озона сосредоточена в слое 15 - 35 км
  - с максимумом концентрации в слое
    - 20 - 25 км
- Даже в самом озоновом слое только одна молекула из 100 000 является молекулой озона.

# Ozone in the Atmosphere



# Распределение озона с высотой



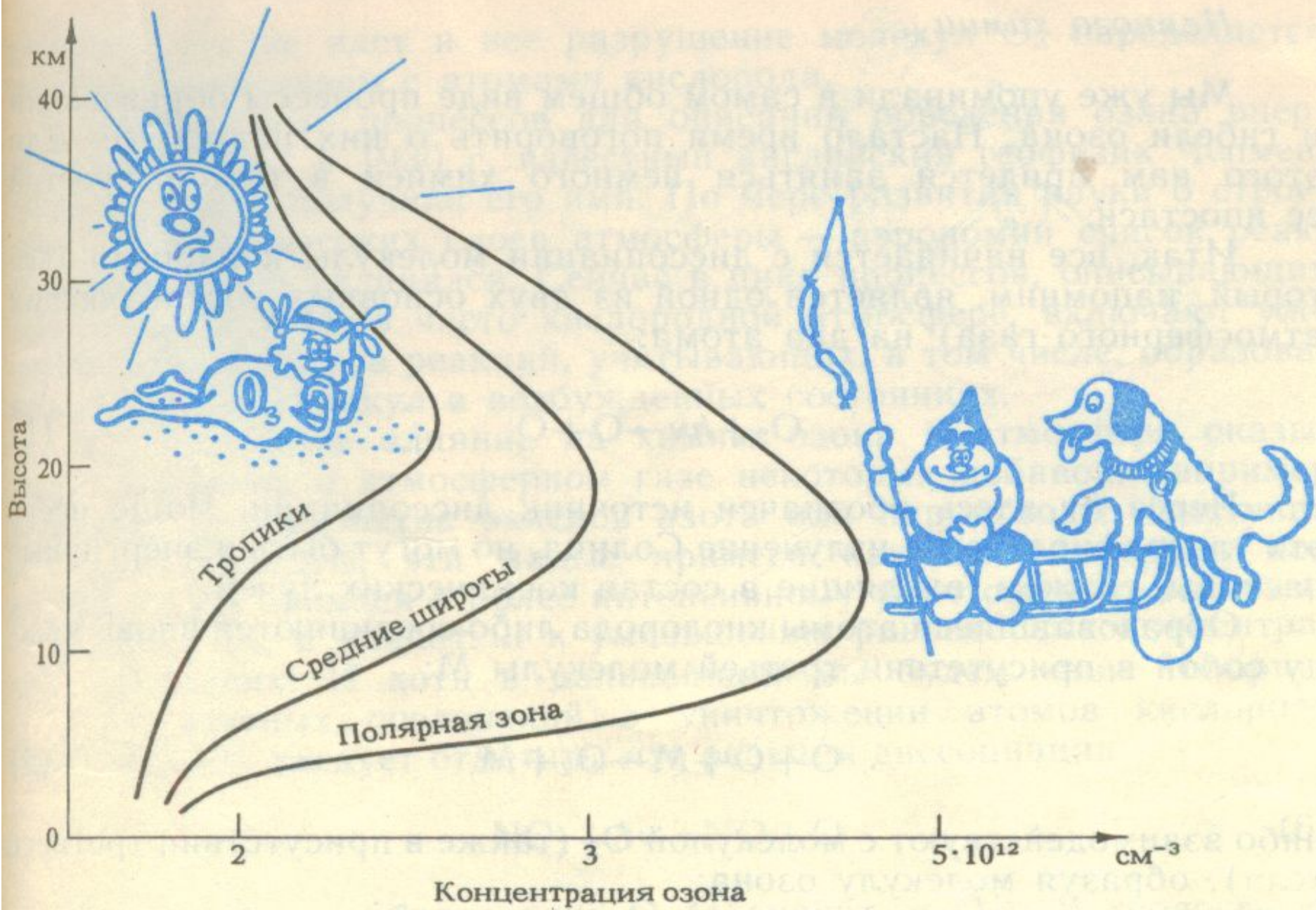
Озон (  $O_3$  ) – аллотропная модификация кислорода.

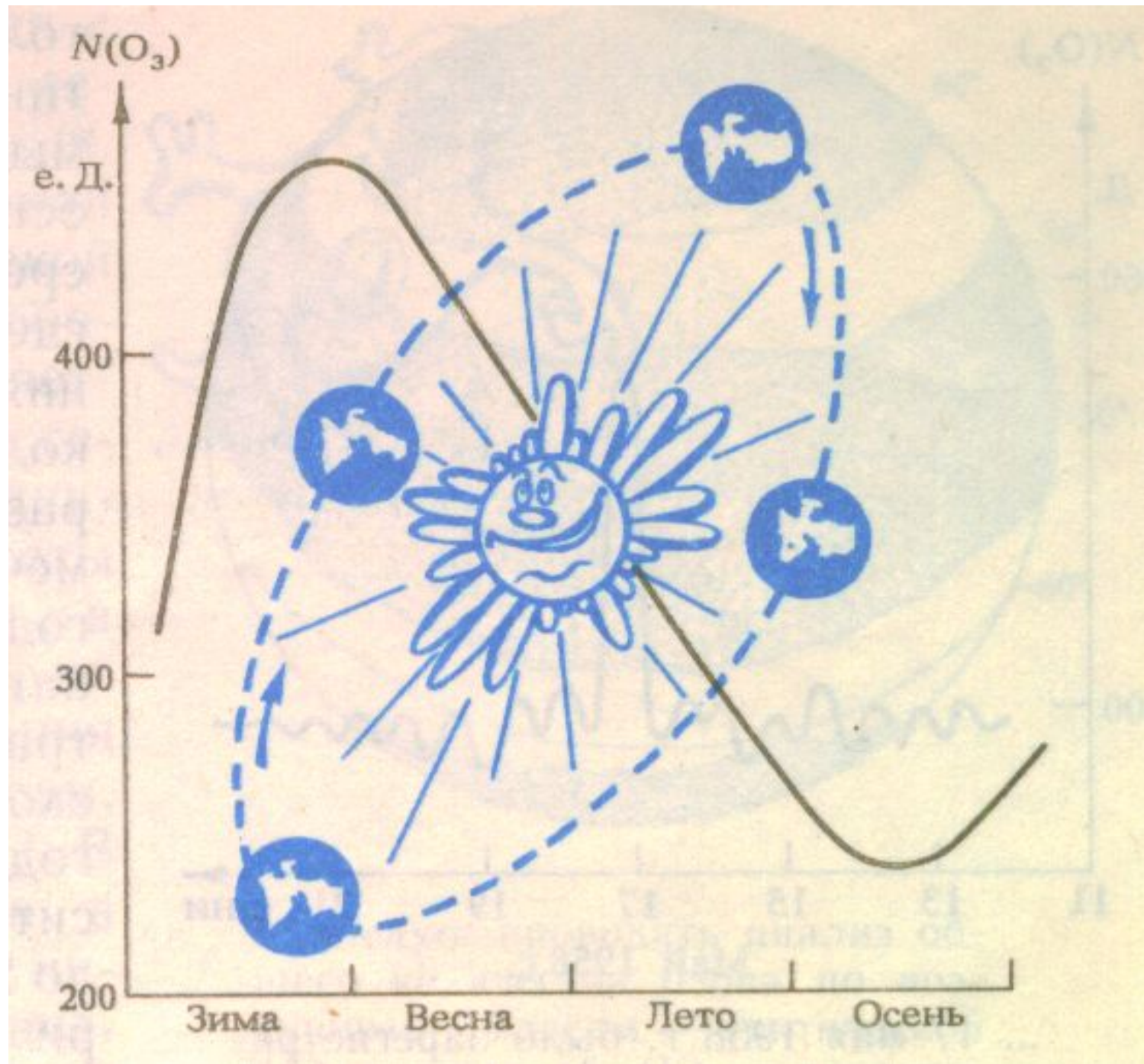
Общая масса озона в атмосфере оценивается примерно в 3,3 млрд. т.

Это высокотоксичный газ, токсичность его примерно на порядок превышает токсичность диоксида серы.

Поэтому дышать озоном нельзя, и его присутствие в воздухе тропосферы, даже в сравнительно небольших количествах, представляет опасность для всего живого.

Важной особенностью озона является его способность поглощать излучение:







Ультрафиолет – излучение с длиной волны  $10 \leq \lambda \leq 400$  нм,

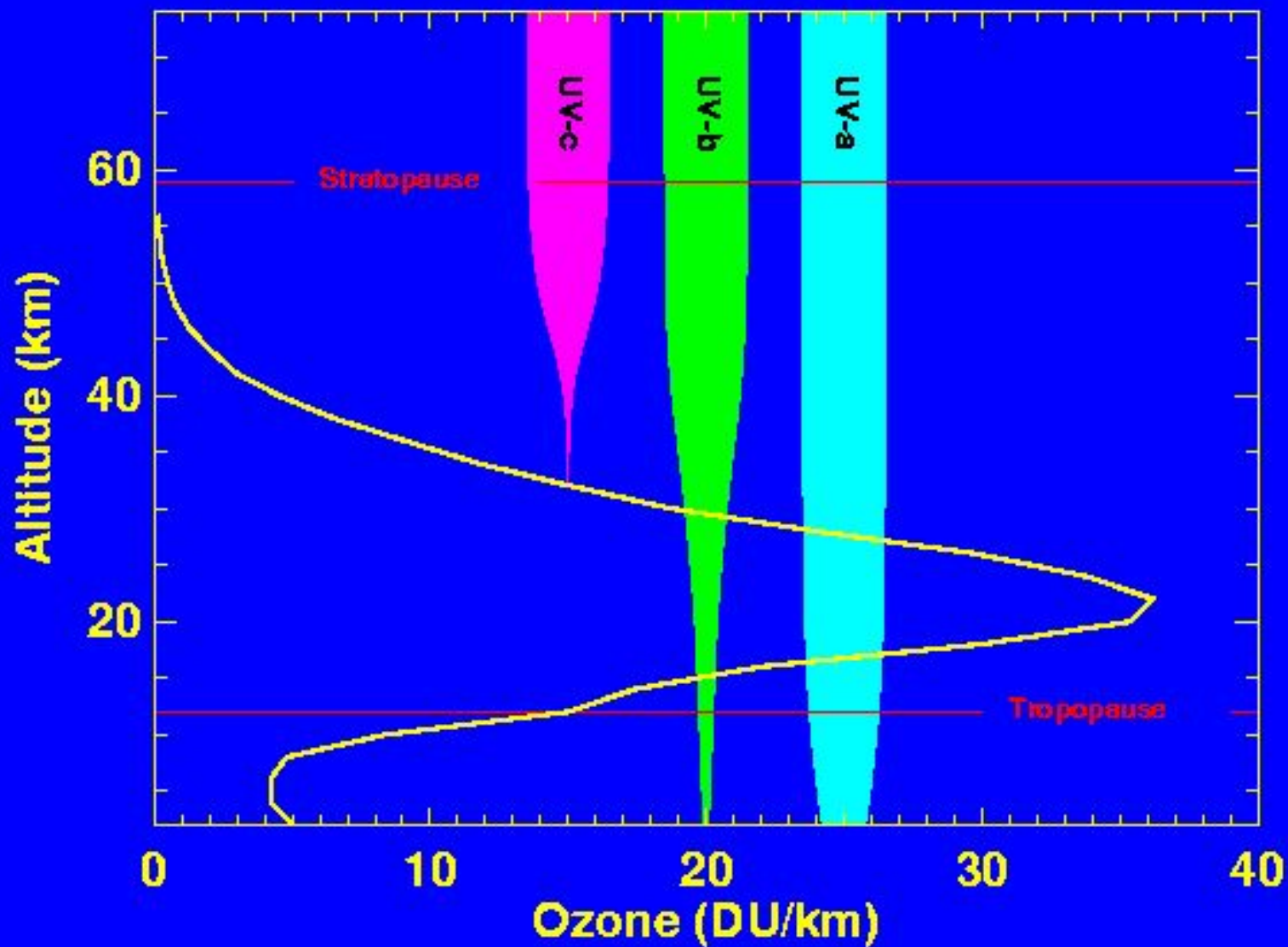
□ Ультрафиолет С с длиной волны  $200 \leq \lambda$  - вакуумный, задерживается на высоте около 50 км

ультрафиолет В - излучение с длиной волны  $200 \leq \lambda \leq 320$  нм,

ультрафиолет А – излучение с длиной волны  $320 \leq \lambda \leq 400$  нм,

## Строение клеток





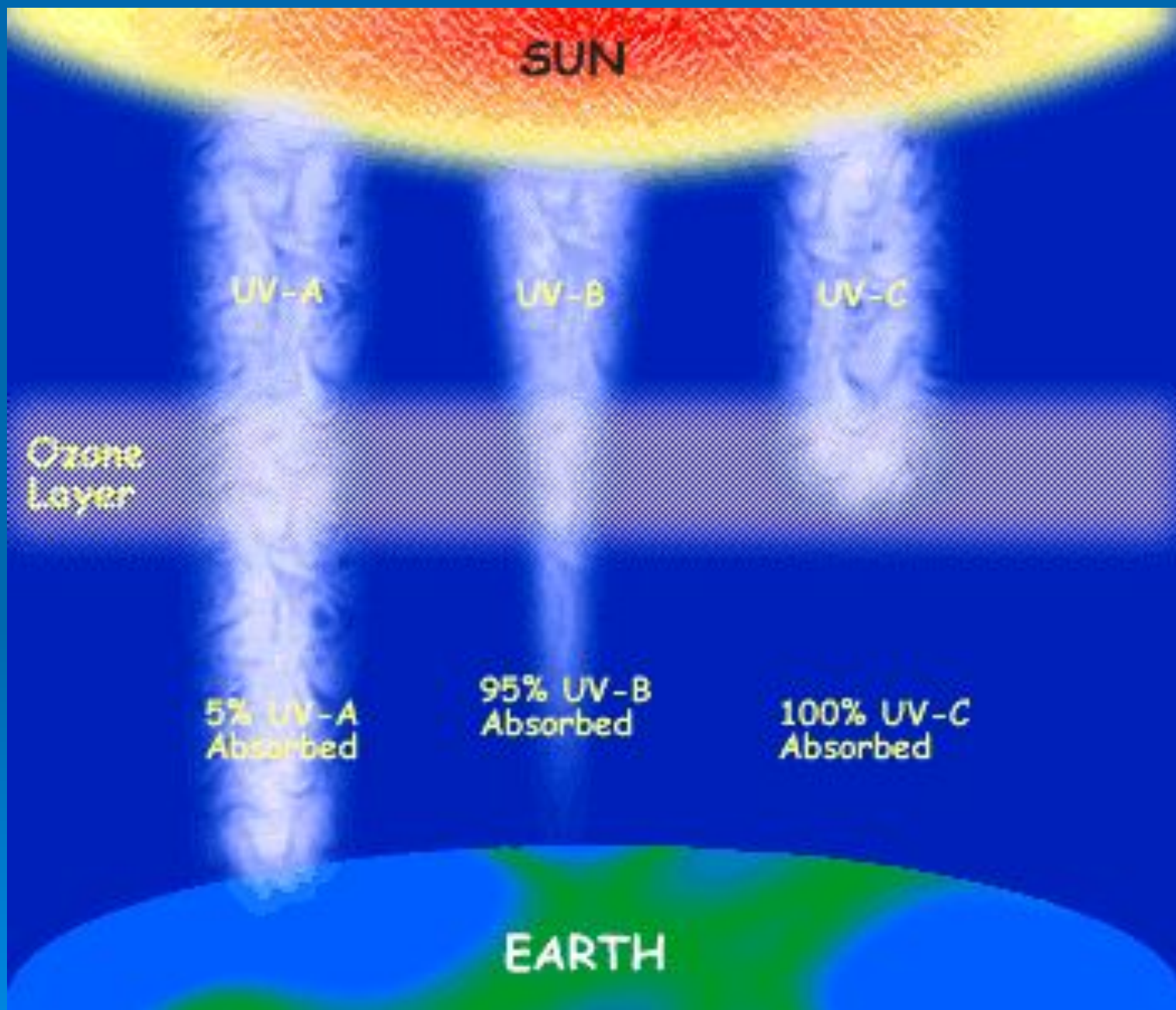
$$1 \text{ нм} = 10 \text{ \AA}$$

$$1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ нм}$$

- Стратосферный озон поглощает ультрафиолетовое излучение в диапазоне волн 200–320 нм (UV-B )
- В результате при истощении озонового слоя возрастает именно UV-B излучение.

# Уменьшение плотности озонового слоя на 10%

- (сегодняшняя ситуация) приводит к увеличению опасного UV-B излучения на 13%, что в свою очередь провоцирует рост числа заболеваний раком кожи разного типа теоретически на 20 – 30%.



# UV-B излучение

- . составляет всего лишь 2% полного солнечного излучения, причём далеко не всё оно доходит до земной поверхности, однако именно это излучение определяет загар, вызывает рак кожи, ухудшение зрения.
- UV-B излучение повреждает молекулы ДНК, снижает скорость деления и, в конце концов, приводит к их гибели

- Для человечества важно и то, что повышение UV-B излучения пагубно для всего живого мира и прежде всего – океанического фитопланктона, который составляет начальное звено в природной цепи питания.





# Свойства молекулы озона

- Энергия связи атомов в молекуле озона составляет 23, 9 ккал на моль, что в пять раз меньше, чем в молекуле кислорода.
- Это приводит к тому, что молекула озона разваливается под действием даже видимого солнечного излучения.

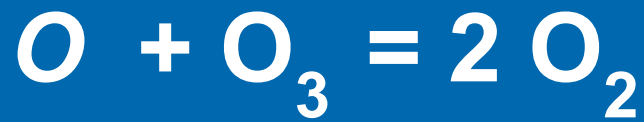
□ Озон в стратосфере образуется в результате фотохимической диссоциации молекулярного кислорода под воздействием солнечной радиации с длиной волны  $h\lambda \leq 240 \text{ nm}$



□ где  $M$  - любая молекула (обычно азота или кислорода), уносящая из реакции избыток энергии.

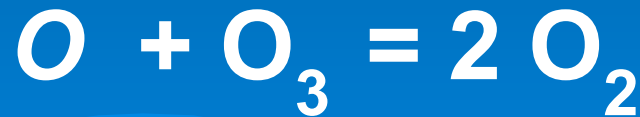
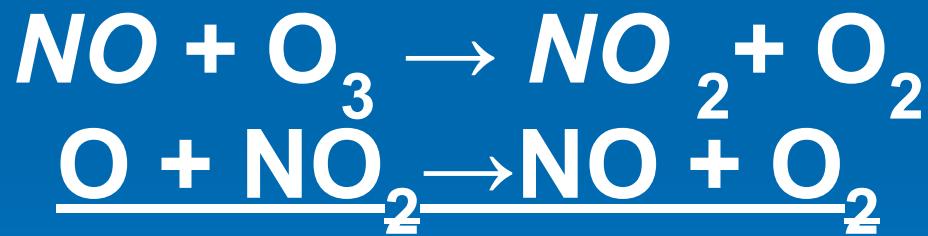
□ Реакция была открыта в 1930 г. Сиднеем Чепманом

# Газообразование озона



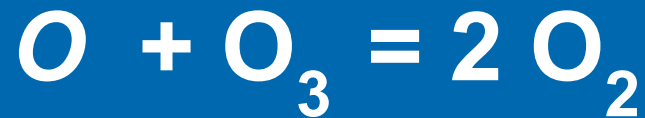
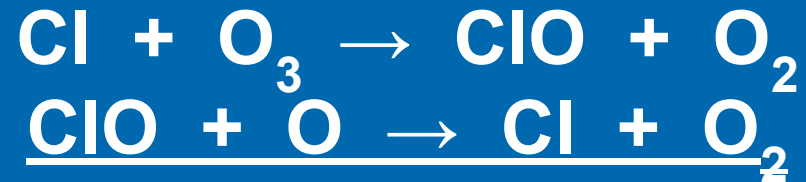
## Циклические процессы разрушения озона

### Азотный цикл



- Опасность представляют только образующиеся непосредственно в стратосфере оксид и диоксид азота.
- Из тропосферы они не доходят из-за малого срока жизни.
- Исключение гемеоксид азота  $N_2O$

## Хлорный цикл



Один атом хлора может разрушить  $10^7$  молекул озона.

На высоте около 25 км вследствие высокой интенсивности солнечной радиации происходит разрушение ХФУ (фреонов) с выделением атомов хлора (Cl) и молекул монооксида хлора (ClO), которые являются более сильными катализаторами процесса разрушения молекул озона, чем оксиды азота

# Нобелевская премия по химии вручается с 1901 года

□

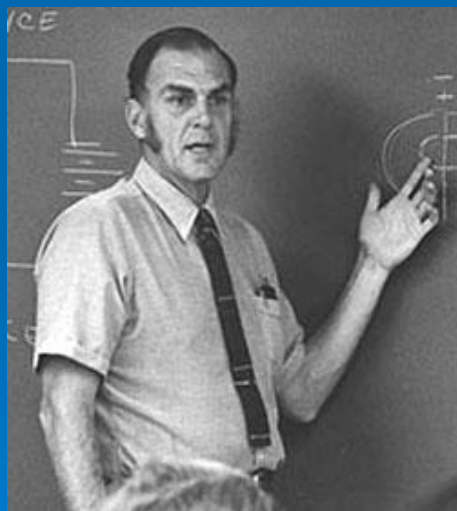


# Нобелевская премия по химии, 1995

- «за работу по химии атмосферы, особенно в связи с образованием и разрушением озона».



Марио Молина

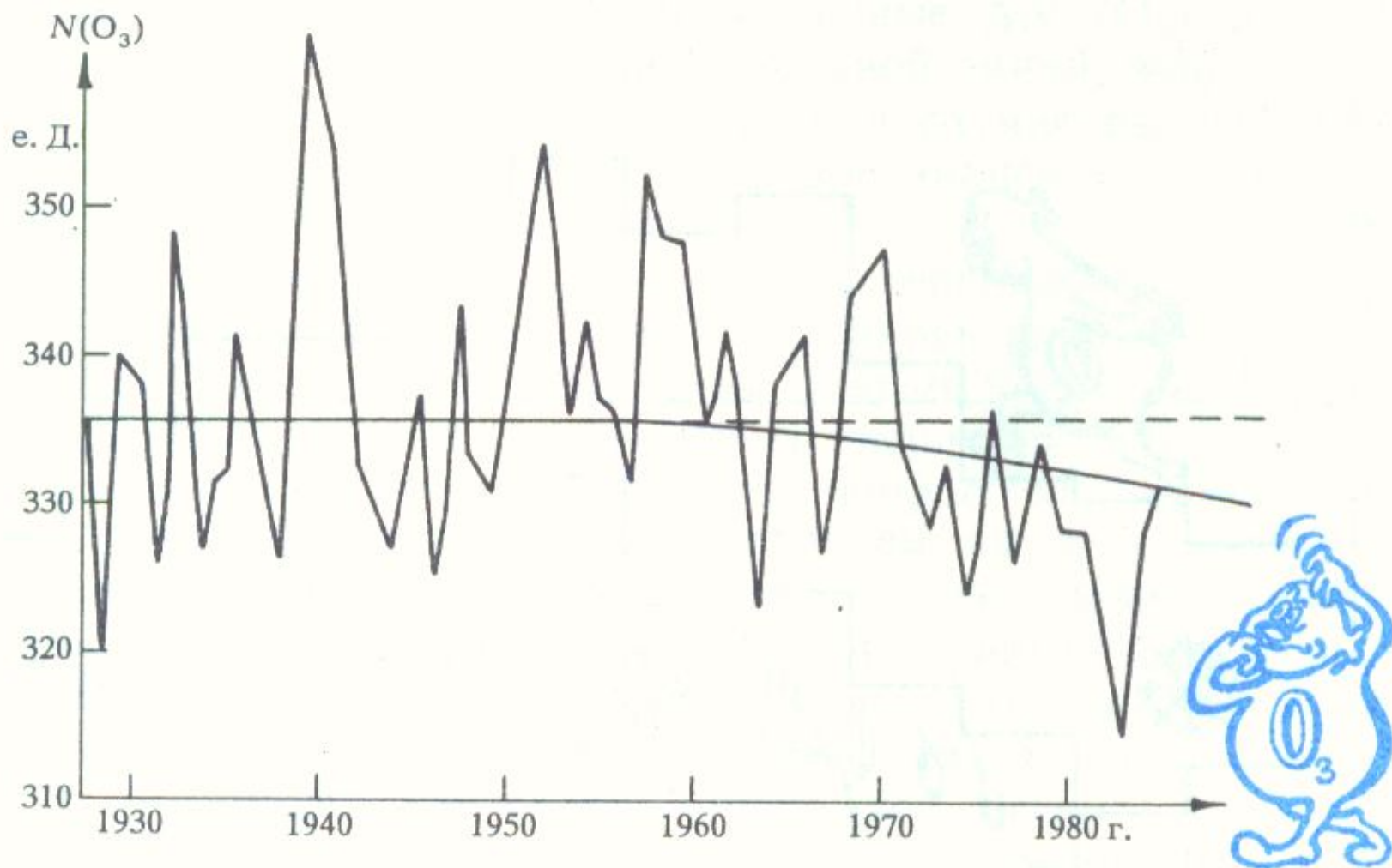


Шервуд Роуленд

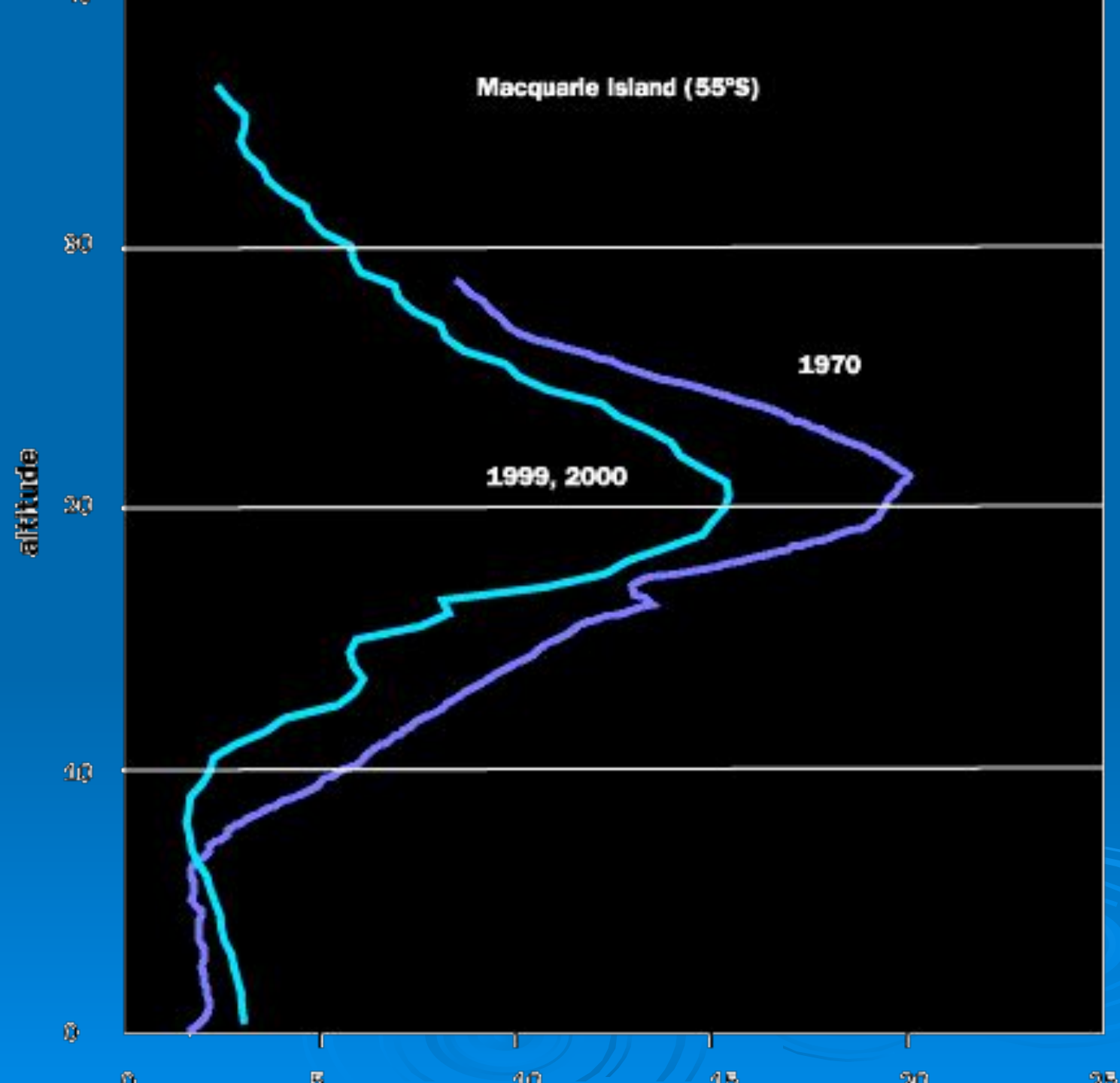


Пауль Крутцен





... поиск уменьшения общего количества озона на несколько процентов приходится вести на фоне как регулярных, так и нерегулярных вариаций  $N(O_3)$  на десятки процентов...



# Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

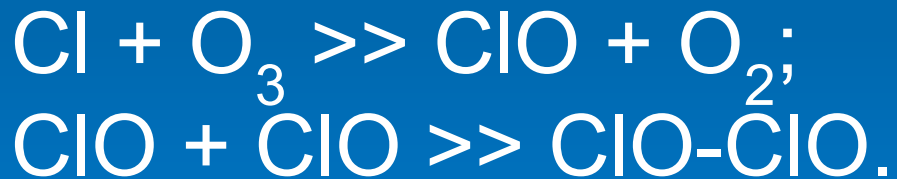
- Антарктида со всех сторон окружена океаном и ветры могут беспрепятственно циркулировать вокруг континента. Во время зимы вокруг Антарктиды возникает околополюсной вихрь - своеобразная воронка из ветров, которая собирает воздух над Антарктидой и не дает ему смешиваться с остальной атмосферой.

# Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

- В стратосфере при температуре ниже  $-100^{\circ}\text{C}$  происходит конденсация азотной кислоты, появляющейся в результате взаимодействия окислов азота и воды. Образуются, так называемые, полярные стратосферные облака. Поверхность мельчайших кристаллов этих облаков катализирует реакции высвобождения хлора из фреонов, соляной кислоты и других галогенсодержащих веществ.

# Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»

- В темноте антарктической зимы атомы хлора не сразу вступают в цепную реакцию по разрушению озона, а образуют димер оксида хлора.



# Механизм образования «ОЗОНОВЫХ ДЫР»



Когда наступает весна, солнечная радиация разрушает накопившийся димер, хлор высвобождается и начинается цепная реакция разрушения озона. Постепенно околополярный вихрь рассеивается и обедненный озоном воздух перемешивается с нормальным - концентрация озона опять повышается.

## Использование ХФУ( хлорфторуглеродов)

- охладители в холодильных установках и кондиционерах.
- для производства поролонов и пенопластов - материалов, широко используемых во многих потребительских товарах, начиная от одноразовой пенопластовой посуды и заканчивая изоляционными материалами.
- в баллонах для распыления аэрозолей
- для промывания электрооборудования.

## Озоноразрушающий потенциал некоторых веществ (CFC обозначает «хлорфтороуглерод»):

	Разрушающий потенциал	Продолжительность жизни
	(усл.ед)	(лет)
CFC 11	1,00	75
CFC 12	1,00	111
CFC 114	1,00	185
CFC 115	0,60	380
Метилхлороформ	0,10	7
Четыреххлористый углерод	1,06	50
Halon 1211	3,00	25
Halon 1301	10,00	110
Halon 2402	6,00	Не известно



В 1987 года представители 24 стран в Монреале подписали соглашение, по которому обязались сократить вдвое использование озоноразрушающих ХФУ к 1999-му году. Однако в связи с ухудшающейся ситуацией в 1990-м году в Лондоне были приняты поправки к Монреальскому протоколу.

Согласно Лондонским поправкам в список регулируемых ХФУ вошли еще 10 веществ и было принято решение прекратить использование ХФУ, галогенов и четыреххлористого углерода к 2000-х тысячному, а метилхлороформа - к 2005-му году

В Монреале была принята система, по которой озоноразрушающие вещества подразделялись по следующим критериям:

- способность разрушать озон
- продолжительность их жизни

# Потребление хлорфторуглеродов, тысяч тонн озоноразрушающего потенциала

